编者按　作为国家科技创新体系的重要组成单元，重大科技基础设施不仅是支撑科学研究与高新技术发展的基础创新平台，也是体现国家综合实力和科技创新能力的重要标志。进入新时期，重大科技基础设施特别是应用型重大科技基础设施，对于推动解决制约经济社会发展的重大科技问题，有力支撑国家重大战略需求和产业发展需要的创新引领作用日益凸显，逐步成为培育新质生产力、推动我国高质量发展的“国之重器”。为深入讨论新时期我国重大科技基础设施建设的制度安排与功能定位，《中国科学院院刊》特以“新时期重大科技基础设施建设理论与实践”为主题组织专题，围绕增强我国高质量发展的科技基础能力进行系统阐述，以期为读者提供新视角，为决策提供支撑。

引用格式：黄从利, 周非特, 徐祥, 等. 加强应用支撑型重大科技基础设施建设，增强我国高质量发展的科技基础能力. 中国科学院院刊, 2024, 39(3): 423-435, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20231226004.
Huang C L, Zhou F T, Xu X, et al. Strengthen establishment of application-supported major science and technology infrastructure to enhance basic capacity of science and technology for high-quality development. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2024, 39(3): 423-435, doi: 10.16418/j.issn.1000-3045.20231226004. (in Chinese)

加强应用支撑型重大科技基础设施建设，增强我国高质量发展的科技基础能力

黄从利[1,2]　周非特[1]　徐　祥[2]　张玲玲[1,3,4*]

1 中国科学院大学　经济与管理学院　北京　100190
2 中国科学院工程热物理研究所　北京　100190
3 中国科学院大数据挖掘与知识管理重点实验室　北京　100190
4 中国科学院大学　数字经济监测预测预警与政策仿真教育部哲学社会科学实验室（培育）　北京　100190

摘要　从“两弹一星”到“中国天眼”，从一无所有到世界领先，我国坚定不移地走特色自主创新道路。重大科技基础设施历经近半个世纪的发展，多个重点领域取得新的突破，新形势下重大科技基础设施的定位、含义和分类也在不断变化。在深入调研高效低碳燃气轮机试验装置等重大科技基础设施的基础上，文章认为我国应用支撑型重大科技基础设施的建设还面临着用户群体相对缺乏、科技成果转化欠落实等挑战与问题。针对我国新一轮科技革命和产业变革带来的重大机遇、实现科技自立自强和高质量发展的迫切需求，提出优化项目立项、建设、验收等管理制度，增强对应用支撑型重大科技基础设施的运行、管理和评估，加大对技

*通信作者
资助项目：连云港市科技计划项目（E3350801），国家自然科学基金面上项目（72071194），中国科学院大学数字经济监测预测预警与政策仿真教育部哲学社会科学实验室（培育）基金项目（E2810801）
修改稿收到日期：2024年1月22日

术成果转移转化和产业化的支持3条对策与建议，希望能为应用支撑型重大科技基础设施的未来规划、管理机制完善和发展政策制定提供参考和依据。

关键词　应用支撑型，重大科技基础设施，高质量发展，高效低碳燃气轮机试验装置

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20231226004

CSTR　32128.14.CASbulletin.20231226004

1 关于“国之重器”重大科技基础设施的几点思考

1.1 重大科技基础设施建设的背景与作用

习近平总书记指出：“要科学规划布局前瞻引领型、战略导向型、应用支撑型重大科技基础设施，强化设施建设事中事后监管，完善全生命周期管理，全面提升开放共享水平和运行效率。”①我国正面临新一轮科技革命和产业变革，经济增长动力正从要素驱动转向创新驱动，高质量发展急需应用支撑型重大科技基础设施这一新引擎，推进新型工业化、农业现代化、能源革命、生命健康、生态环境多方面发展和突破。准确认识应用支撑型重大科技基础设施建设面临的挑战与问题，加强应用支撑型重大科技基础设施建设，对贯彻落实国家创新驱动发展战略、增强我国科技基础能力、突破前沿研究应用和产业关键技术、实现高质量发展，具有重大的战略意义[1,2]。

重大科技基础设施是国家创新体系的重要组成部分，重大科技基础设施对于国家安全、经济发展、科技研究、人才培养、自然探索等多方面具有重要作用[3,4]：① 解决社会可持续发展和国家安全问题，为国家重大战略决策的部署提供科技支撑；② 追求国际科学前沿，提升我国原始创新能力，推动我国高能物理学、分子生物学等部分基础科学领域研究进入国际先进行列；③ 集聚高新产业，培养创新领军人才，推动地区经济社会多方面高质量发展；④ 满足人民日益增长的美好生活需要，为人民生命健康、低碳绿色环保、重大灾害防控等领域提供系统化的科学解决方案；⑤ 彰显我国科技强国形象，为人类探索认识自然作出历史性贡献。

1.2 发达国家重大科技基础设施的布局及意义

当前，国际科技竞争空前激烈，科技创新已成为在危机中育先机、于变局中开新局的关键变量。重大科技基础设施作为科学前沿革命性突破的重要支撑，美国、英国、法国、德国、日本、欧盟等主要发达国家和经济体[5-14]自二战时期的“曼哈顿计划”以来，争相加强重大科技基础设施的建设和战略布局，以抢占未来科技发展制高点。

美国采取长、短期规划并行的方式，在美国能源部（DOE）和美国国家科学基金会（NSF）的管理下，积极布局粒子物理学、超快科学、自适应光学等前沿物理和天文学科研究，依托先进光子源（APS）、詹姆斯·韦布空间望远镜（JWST）、大型综合巡天望远镜（LSST）、深部地下中微子实验（DUNE）等重大科技基础设施，保持科技创新的领先地位。2021年，美国白宫科学与技术政策办公室（OSTP）国家科学技术委员会（NSTC）发布的《研发基础设施国家战略概

① 习近平在中共中央政治局第三次集体学习时强调 切实加强基础研究 夯实科技自立自强根基. (2023-02-23)[2024-01-14]. http://paper.people.com.cn/rmrb/html/2023-02/23/nw.D110000renmrb_20230223_1-01.htm.

述》②中提及美国将对必要的知识基础设施和研究网络基础设施发展进行规划、投资和部署。

欧盟通过举办欧洲科研基础设施战略论坛（ESFRI）统筹协调多边关系，规划布局技术复杂的大型设施，建设了大型强子对撞机（LHC）、欧洲同步辐射光源（ESRF）等多个世界领先的重大科技基础设施[11]。2021 年，欧盟发布《科研基础设施战略报告》③，表明欧盟的重大科技基础设施布局主要集中在大数据、计算通信、能源环境、食品健康、天文物理、社会文化等领域，将继续建设包括欧洲脑研究基础设施（EBRAINS）、欧洲社会挖掘和大数据分析综合基础设施（SoBigData++）、海上可再生能源研究基础设施（MARINERG-i）等 11 项新设施。

英国、法国、德国、日本等发达国家也都积极规划并建设支撑国家新兴支柱产业发展的重大科技基础设施。为应对第四次工业革命，英国在国家科研与创新署（UKRI）的投资和科学与技术设施委员会（STFC）的管理下，设施建设向数据科学、超级计算、风险管控、人才基建等领域发展，并在有机和电子产业取得了一定成就，例如英国散裂中子源（ISIS）已累计创造价值超过 130 亿英镑[5]。法国依托国家科学研究中心（CNRS）、国家健康与医学研究院（INSERM）等国立科研机构的规划和管理，开始重点关注能源转型、数据管理和生物健康等问题，并积极向多点分布的虚拟网络平台式软设施转型[9]。德国在联邦教育及研究部（BMBF）的投资和亥姆霍兹联合会（HGF）的管理下，重大科技基础设施与学会、大学、研究机构形成了长期合作关系，研究方向不再局限于天文学、物理学等传统学科，开始转向下一代列车与汽车和人文社会科学等更能带动产业技术升级的学科[10]。伴随全球开放科学运动的兴起，日本在综合科学技术创新会议（CSTI）的设计规划下，发布《第六期科学技术与创新基本计划》④，重大科技基础设施布局重心从传统的医药、汽车、食品等领域转向“社会 5.0”时代需要的网络数字、能源低碳、防灾防疫等领域技术[12]。此外，荷兰、瑞典、丹麦、捷克等国家也都各自针对国情制定了科技基础设施的战略发展路线[6]。

1.3 我国重大科技基础设施的发展历程

20 世纪 60 年代初期，随着“两弹一星”计划的各种小型研究设施建设，我国重大科技基础设施也开始萌芽。《1956—1967 年科学技术发展远景规划纲要》确定了“重点发展，迎头赶上”的指导方针；1966 年，我国首个重大科技基础设施长短波授时系统经原国家科学技术委员会批准筹建（图 1）[15]。

*改革开放后，重大科技基础设施建设进入成长期。*邓小平同志提出“科学技术是第一生产力”的重要论断，签订了《中美科技合作协定》。中国遥感卫星地面站、北京正负电子对撞机、兰州重离子加速器、北京串列加速器、合肥光源等在这一时期相继建成，重大科技基础设施开始全面发展建设，向多学科领域进军。

*20 世纪 90 年代以后，重大科技基础设施建设进入发展期。*党中央提出“科教兴国”战略，郭守敬望远镜、上海光源、中国地壳运动观测网络、全超导托卡马克核聚变实验装置等 11 项重大科技基础设施相继开始建设[16]。“十一五”规划将重大科技基础设施建设正式纳入“五年规划”之中，着重提升原始创新能力和科技基础能力。在原国家计划委员会和现国家发展和改革委员会的支持下，中国散裂中子源、“中国天眼”、国家稳态强磁场实验装置、结冰风洞等 12 项重

② National strategic overview for research and development infrastructure. [2024-01-14]. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/10/NSTC-NSO-RDI-_REV_FINAL-10-2021.pdf.

③ Strategy report on research infrastructures roadmap 2021. [2024-01-14]. https://roadmap2021.esfri.eu/.

④ 科学技術イノベーション基本計画. [2024-01-14]. https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/6honbun.pdf.

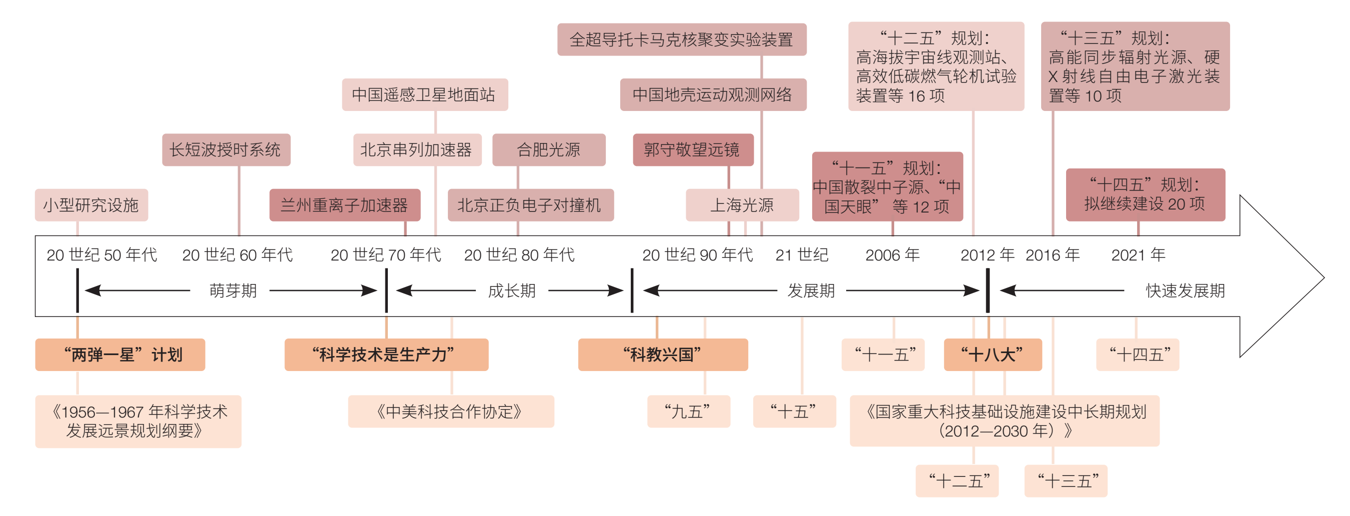


图 1　我国重大科技基础设施建设时间轴

Figure 1　Construction time line of China’s major science and technology infrastructure

大科技基础设施开始重点建设。

党的十八大以来，重大科技基础设施进入高速发展阶段，党中央统筹谋划、系统部署科技创新事业，重大科技基础设施建设取得历史性跨越。在“十二五”和“十三五”期间，高海拔宇宙线观测站、高效低碳燃气轮机试验装置、高能同步辐射光源等26项重大科技基础设施相继启动建设。“十四五”期间更是拟继续建设20项重大科技基础设施，实现了数量和质量上的飞跃，设施建设迎来快速发展期。截至2023年6月，我国重大科技基础设施项目总数达近60项，多个前沿领域已实现重大突破，成功迈入创新型国家梯队。

1.4 应用支撑型重大科技基础设施严重不足

重大科技基础设施按照不同的科学用途，可分为专用研究装置、公共实验平台和公益基础设施三大类[17]，该标准目前应用最为广泛，但设施的内涵、分类、目标领域一直随着科学和社会的发展在演变[18]。“十四五”规划将重大科技基础设施划分为战略导向型、应用支撑型、前瞻引领型和民生改善型四大类。

重大科技基础设施建设需要防止“舍近求远”“脱实向虚”[19]，应加强建设应用支撑型重大科技基础设施。目前，我国已经建成的重大科技基础设施大多可以归为前瞻引领型，以世界科技前沿为导向，承担“从0到1”的基础研究任务，提升我国原始创新能力，致力于解决国家安全瓶颈问题和追求基础科学研究前沿。相对于我国国民经济支柱行业和战略性新兴产业发展的迫切需求，我国现阶段的应用支撑型重大科技基础设施严重不足。应用支撑型重大科技基础设施是以技术突破、国家和市场需求为导向，致力于将基础研究成果转化为实际应用，产生实际的经济、社会或政策效益的设施，通常是针对我国国民经济支柱行业和战略性新兴产业的核心技术或装备所面临的技术突破难、试验验证环境匮乏等产业化困境而建设，兼具科学研究和工程应用的双重功能，能为多个领域的用户提供实验平台和测试手段，最大程度地服务于关键领域的工程应用和产业发展。我国正面临新一轮科技革命和产业变革带来的重大机遇，加快建设应用支撑型重大科技基础设施这一经济增长的新引擎，增强我国高质量发展的科技基础能力，正是新形势下的迫切需求。

1.5 应用支撑型重大科技基础设施的相关案例

应用支撑型重大科技基础设施建设能有效助力新型工业化、农业现代化、能源革命、生命健康、生态环境多方面高质量发展突破。例如，① 高效低碳燃气

轮机试验装置围绕化石能源清洁利用和高效转换的重大基础理论和关键科技研究，将为化石能源的可持续、低碳化、高质量发展提供创新平台⑤，具体支撑突破燃气轮机自主研发设计、核心部件研制测试等关键技术的瓶颈，促进国产燃气轮机行业发展，满足我国能源电力、石油化工、舰船动力等领域对燃气轮机日益增长的需求。② 加速器驱动嬗变研究装置则是就我国核电快速发展建设所面临的核电站长寿命、高放射废料安全处理处置问题而建设的[20]。③ 未来网络试验设施旨在解决互联网运营和服务试验验证环境稀缺的问题，支撑我国网络科学与网络空间技术研究的快速发展[21]。④ 超重力离心模拟与试验装置则为高性能材料研发、深地深海资源开发、大型基础设施建设等领域提供基础条件的重要支撑[22]。

2 我国高质量发展急需建设应用支撑型重大科技基础设施

*加强应用支撑型重大科技基础设施建设，增强科技基础能力是我国实现高质量发展的必由之路。*目前，我国科技创新存在关键核心技术受制、原始创新能力不强等问题，严重阻碍了我国实现高质量发展。要提高我国科技创新的抗压、应变、对冲和反制等基础能力[19]，急需发挥“集中力量办大事”的制度优势，加强应用支撑型重大科技基础设施建设，增强我国高质量发展的科技基础能力，助力新型工业化、农业现代化、能源革命、生命健康、生态环境全方位发展突破。

2.1 新型工业化

*关键核心技术创新是推进新型工业化的持续动力。*我国拥有全球最完整的工业产业体系，但存在大而不强、全而不精的问题。依托应用支撑型重大科技基础设施强大的技术支撑能力，突破关键核心技术，实现重点领域、关键环节的自主可控，是推进新型工业化的重要着力点。例如，高能同步辐射装置可以针对工业应用问题开展综合性实验研究，结合多种学科方法，挖掘工业创新的源头。

*深度融合数字技术是实现新型工业化的重要路径。*工业部门需要充分利用数字化和智能化技术，提高生产效率和产品质量，推动产业向高端化和绿色化转型。未来网络试验设施这类应用支撑型设施，是智能化网络创新发展和变革的重要支撑，是推动产业升级转型的基础性生产力。

2.2 农业现代化

*建设农业强国的基本要求是农业现代化，关键在于农业科技创新。*我国当前的农业现代化进程明显滞后，农业科技水平与国际前沿还有不小差距，存在基建滞后、成本攀升、技术水平低、成果转化少等突出问题。种质种源、农业机械装备、化肥农药、耕地节水等农业关键技术亟待攻关，14亿人口的庞大市场需求亟待进一步满足[23]。实现农业高质量发展和现代化需要进一步整合农业科研资源，集聚农业科技力量，依托新型农业重大科技基础设施的重大创新平台，建设科技装备强、产业韧性强、竞争能力强的农业强国。例如，国内首个农业重大科技基础设施——“神农设施”，致力于作物分子设计育种研究与应用，建成后将有助于我国农业和生命科学研究发展，奠定迈向农业科技强国的基石。

2.3 能源革命

*新兴能源技术已成为全球能源向绿色低碳转型的核心驱动力。*作为世界最大的能源消费国，我国坚定不移推进能源革命，能源领域进入高质量发展新阶段[24]。建立以可再生能源为主体的新型电力系统，发

⑤ 国务院关于印发《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030 年）》的通知. (2013-02-23)[2024-01-14]. https://www.gov.cn/zwgk/2013-03/04/content_2344891.htm.

展能源系统智能化、制造业低碳零碳化和化石能源清洁高效利用等关键技术已成为能源行业发展的新方向。建设以可再生能源为主体的新型电力系统，实现“双碳”目标急需新型应用支撑型重大科技基础设施支撑。例如，高效低碳燃气轮机试验装置和加速器驱动嬗变研究装置分别致力于解决气电和核电领域的关键科技问题，将为能源可持续、高质量发展提供具体支撑。

2.4 生命健康

*生命与健康科技创新是保障人民健康的迫切需求。*我国仍面临多种健康影响因素交织、多重疾病威胁并存的复杂局面，传染病再流行、慢性病年轻化、人口老龄化、食品安全、职业健康等问题仍较突出。① 重大疾病及危害因素监测、重点传染病和地方病防控、环境健康监测消毒等监测防控体系建设亟待加强，急需规划新兴应用支撑型重大科技基础设施，加速新型药品、监测设备、应急产品等科技成果的转化和产业化，不断满足人民对生命健康的需求。② 医疗器械工程化、药品全过程质量控制、人工智能辅助决策诊断等技术的研发，还需要依托应用支撑型重大科技基础设施，集聚优势生物医药产业，支持企业整合科技资源，构筑产业技术新优势。

2.5 生态环境

*新时代生态环境科技体系创新对“美丽中国”建设具有基础性、战略性支撑作用。*我国生态环境领域正面临碳减排压力空前突出、生态防治修复技术落后、环保材料装备产业跟跑等挑战。针对我国资源化利用率低、环保产业欠发展的短板，急需规划新型生态环境应用支撑型重大科技基础设施，推动生态保护、环境材料、智能环境等前瞻科技创新发展。同时，加速“三废”协同处置利用、气候变化模型评估、地球系统模式识别、温室气体减排等关键技术创新与应用转化，建立资源清洁高效循环利用体系，提升生态治理环保装备供给能力，增强我国环保产业国际竞争力。例如，地球系统数值模拟装置就将在气候变化和环境治理等重大问题中发挥关键作用。

3 应用支撑型重大科技基础设施建设中面临的问题与思考——以高效低碳燃气轮机试验装置为例

目前，我国应用支撑型重大科技基础设施建设正面临挑战和机遇并存的局面。例如，高效低碳燃气轮机试验装置已全面进入建设的关键时期，预计2024年投入使用。我国现有的重型燃气轮机水平与国外先进水平至少相差一代，热端部件、控制系统、零碳低碳燃料燃烧、高温材料等核心关键技术差距大，自主创新能力不足，依托试验装置可助力实现燃气轮机自主创新和产业化应用发展。在试验装置立项、建设以及后续运行过程中，存在如下3方面问题，这些问题一定程度上也反映了应用支撑型重大科技基础设施的共性问题。

3.1 前沿技术突破迅速，设施建设跟进困难

*应用支撑型重大科技基础设施的长建设周期使科学目标和工程目标难以紧跟国际前沿和产业需求。*国际形势复杂多变，前沿科技研究日新月异，应用支撑型重大科技基础设施不同于针对需要长时间积淀和发展而突破基础科学的设施，从规划、立项、建成到运行的长时间建设周期很可能会使得应用支撑型重大科技基础设施建成时部分建设内容已无法满足前沿技术突破的需求。高效低碳燃气轮机试验装置于2013年列入《国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030年）》，2020年获国家发展和改革委员会批复，计划2024年建成。设施建成已经距离规划发布超过10年，而该领域的前沿科技发展迅速，需求应用日新月异，国外的H级燃气轮机已经进入市场，而我国重点针对的还是E级、F级燃气轮机的研制。在“双碳”目标和国际形势日益严峻的背景下，燃气轮机被赋予了更艰巨的新使命。上述情况将直接导致项目可能会

根据世界燃气轮机发展和国家重大需求进行优化调整，由此带来技术方案、经费概算方面的调整，给项目的执行、验收增加了难度和风险。

*超长时间的规划建设周期容易增大应用支撑型重大科技基础设施建设的不确定性，引发一系列问题。*规划布局引领型、高水平的重大科技基础设施固然重要，但是如何建设好、运行好、使用好设施的问题也需要加强重视。美国的詹姆斯·韦布空间望远镜项目于1996年启动，初始预算5亿美元，原预计2007年发射，却最终追加预算至百亿美元后在2021年末发射，是人类有史以来最贵的天文望远镜。此时已经距离项目启动超过25年，期间开发过程意外不断，发射被推迟数十次，极大地增加了项目成本。我国的郭守敬望远镜于1996年被列入“九五”规划，在2001年开工，历经13年建设，克服一系列问题，包括工程可行性探讨、关键器件采购难、物价上涨、预算不足、工程超期、人才流失严重和团队经验不足等，最终在2009年才通过验收[25]。我国应用支撑型重大科技基础设施建设应优化立项和过程管理，加强工程技术队伍建设，缩短项目建设周期，减少项目建设的不确定性，早日发挥应用支撑型重大科技基础设施效益。

3.2 用户群体相对缺乏，国际交流合作较少

*应用支撑型重大科技基础设施通常存在用户群体不多、研究壁垒较高的问题。*不同于我国一些世界领先的设施，应用支撑型重大科技基础设施有特定的建设目标，用户群体范围相对较窄，依托该类型设施的科学研究活动壁垒较高，并且高额的试验费用和有待完善的知识产权保护措施也使得用户踟蹰不前，望而却步。以高效低碳燃气轮机试验装置为例，其工程目标是满足当下和未来燃气轮机模拟真实环境的部件试验、测试及研究条件。试验研究具有参数高、消耗大、周期长的特点，相应的试验费用较高，仅有部分大型企业和项目负担得起，而且该类试验多涉及用户的关键研发环节，用户对核心技术和试验数据的保护心存顾虑。上述问题可能会导致在项目建成后的运行、开放、服务效益不能达到预期，反馈到对设施的维护、升级、改造缺乏相应的需求和资金，无法形成良性的迭代循环。

*应用支撑型重大科技基础设施的国际影响力不足，国际交流合作较少。*应用支撑型重大科技基础设施定位多为涉及国民经济和国家安全的重大技术领域。尤其在少数西方国家对中国科技遏制和封锁持续升级的当下，以及新冠疫情的后续影响和我国本土项目国际竞争力的不足，国际科技合作面临严峻挑战。设施难以吸引国外用户，导致应用支撑型重大科技基础设施合作项目和用户群体的缺乏。2021年3月，“中国天眼”正式向全球开放，批准了14个国家的27份申请，为世界贡献出一份中国力量。应用支撑型重大科技基础设施应借鉴“中国天眼”，携手国际科学界合作双赢的理念和成功案例，深化国际交流合作，加大国际影响力。

3.3 科技成果转化欠落实，企业承接力较弱

*应用支撑型重大科技基础设施的科技成果转化落实仍未到位。*自2015年修订《中华人民共和国促进科技成果转化法》以来，中央出台了大量政策文件，科技成果转化体制机制问题基本得到解决。但是由于诉求和目标的不同，科研院所、高校和企业之间在对接中存在诸多问题，阻碍了设施实际的科技成果转化工作。以燃气轮机为例，其关键零部件如叶片、燃烧室相关技术成果的商品化和产业化需要大量的研发、试验、验证环节，以及时间和资金投入，单凭某个高校或科研院所的自身力量难以完成。而大多数企业更愿意投资引进国外成熟的技术和产品以规避风险，不敢投资国内新技术和新产品，导致众多先进成果难以转化。

*我国企业对应用支撑型重大科技基础设施的科技创新成果转化应用承接力相对较弱。*央企、国企等的大型企业受制于业绩考核和风险防控机制，大多倾向

于直接引进国外成熟技术或产品。2001—2007年，我国采取以市场换技术的方式，引进E级、F级重型燃气轮机60余套，初步掌握冷端部件制造和整机组装技术，但关键技术如整机系统设计和热端部件制造仍然被外方垄断。而中小企业以制造业为主，技术创新和成果转化能力较弱，难以承接应用支撑型重大科技基础设施产出的前沿科技成果。就我国重型燃气轮机产业上游的中小企业来看，大多是零部件制造商或原材料供应商，透平叶片和燃烧室等关键热端部件还是高度依赖国外进口。

4 应用支撑型重大科技基础设施建设的对策与建议

我国正处于重大科技基础设施高速发展的新阶段，应用支撑型重大科技基础设施以国家和市场需求为导向，支撑我国国民经济和国家安全领域的重大技术突破，实现高水平科技自立自强。我国应发挥“举国体制”优势，继续加强顶层规划和制度建设，做好发展战略选择、优势学科布局、科技成果转化，开展有组织、建制化的科学研究，深化用户全过程参与和高水平国际合作，将应用支撑型重大科技基础设施的带动作用落到实际产业之中，全面实现设施的科学目标、工程目标和社会目标。

从“十一五”到“十四五”规划，应用支撑型重大科技基础设施的顶层规划逐步完善，中央和地方政府支持力度不断加大，相关技术创新和产业振兴的步伐不断加快。然而，与发达国家相比，我国在重大科技基础设施规划设计、管理评价、开放合作、产业转化等方面还存在一定差距[26,27]。如何发挥“举国体制”的制度优势，借鉴国外设施的建设管理经验，做好发展战略选择、优势学科布局、科技成果转化，将设施的带动作用落到实际产业之中去，本文提出如下3个方面建议。

4.1 优化项目立项、建设、验收管理制度

（1）强化项目建设在国家层面的统筹规划和顶层设计。当前，地方政府甚至社会资本对应用支撑型重大科技基础设施热情高涨，极易形成资源、人才等多方面的无序竞争。应以我国的“五年规划”为基础，制定设施5年建设和运行的方案，考虑国家紧迫需求与长远储备，有选择地建设应用支撑型重大科技基础设施，优化重大科研任务部署，优化项目立项、建设、验收管理制度，营造良好创新生态。例如，京区单位承担的应用支撑型重大科技基础设施应考虑落地雄安，并同怀柔科学城错位发展。

（2）成立如发展规划委员会等应用支撑型重大科技基础设施的专门决策机构，并充分发挥其领导作用。明确发展规划委员会的职责和权力，包括制定的战略规划细节、审核和批准项目预算、监督项目的实施等。建立有效的决策机制，加强与科技委员会、用户委员会的沟通和协调，确保决策的科学性和公正性。在规划委员会领导下，持续对项目的前期规划和建设进度进行跟踪评估，根据情况的变化和认识的深入对规划进行必要的调整，保证规划顺利实施和项目顺利建成、验收。

（3）下放部分权限到建设单位，加速项目建设。在项目建设全周期中，从管理的角度，在项目科学目标和工程目标不变、满足国家法律法规前提下，建设方案、建设程序、招标采购、经费调整等的调整变更权限下放到建设单位，建设单位制定与设施建设需求相匹配的内部规章制度，切实保障重大科技基础设施的快速、高效、高质量建成和验收，早日发挥作用。

4.2 增强对应用支撑型重大科技基础设施的运行管理和评估

（1）进行有组织科研，探索多设施、多用户协同创新的新机制。充分利用依托多个应用支撑型重大科技基础设施的多用户协同创新机制，进行有组织的科研，开展建制化研究。例如，中国科学院高能物理研

究所、中国科学院金属研究所等科研院所依托散裂中子源、北京同步辐射装置等多个设施，积极开展与中国钢研科技集团有限公司、中国航空发动机集团等企业的合作，组建一体化团队，共同制定实验方案，开展有组织、体系化的科学研究，联合攻关发动机叶片和复合材料等尖端技术[5]。

*（2）充分发挥用户委员会的协助作用，听取用户尤其是企业用户的实际需求。*应用支撑型重大科技基础设施是国家重要的科技资源，由国家统筹投资建设，其科学目标和工程目标反映出相关领域科技高质量发展的迫切需求。公共服务属性和资源稀缺决定了开放共享是重大科技基础设施的本质要求。要满足这些领域中的迫切需求，解决相关重大科技问题，需要从立项之初就建立用户队伍，不断吸纳各方面用户对重大科技基础设施的要求。

*（3）建立符合应用支撑型重大科技基础设施运行使用规律的分类评价和激励机制。*就目前的重大科技基础设施评估体系来看，主要指标为论文、专利、软著、获奖、运行机时数、服务用户数、运行人员、人才培养，以及依托设施产生的重大成果等方面。鉴于前文所述，应用支撑型重大科技基础设施的用户数量往往难以与其他类型设施相比，直接导致上述评估指标不高，进而影响国家对设施运行费的核定，难以保障设施的运行、维护、升级，设施运行队伍的稳定性和专业性也会受到直接影响。因此，建议针对应用支撑型重大科技基础设施，开展系统的调查研究，摸清有关设施的共性情况和个性化问题并分类评估，主管部门从管理、评估角度开展专门的政策研究，制定适应性的评估体系，保障应用支撑型重大科技基础设施在建成后的开放共享水平和运行效率。

4.3 加大对技术成果转移转化和产业化的支持

以重大科技基础设施管理单位为核心，组建管理单位、主管部门、地方政府、典型用户、咨询机构、社会资本的研究团队，开展以下4个方面工作：① 提前做好应用支撑型重大科技基础设施建成后科技成果转化和产业化发展的规划布局工作，明确其区域创新体系和行业发展中的定位及发展战略，筛选依托设施的优先发展产业及产业生态体系；② 加强对装置的宣传推广工作，创新管理机制和激励措施，促进用户使用装置的积极性，论证尝试创新示范、保险补偿、产业联盟、产业基金等形式解决“首台套”“敢用”的问题；③ 聚焦产业发展痛点，探究研究依托设施产生的科技成果转化模式、机制和路径，充分发挥各方的优势，形成协同效应，从根本上提升科技成果转化率；④ 推动以“应用支撑型重大科技基础设施—技术产业/孵化园—应用示范基地”为主体构建创新生态，以设施引领技术进步和行业发展。

以高效低碳燃气轮机试验装置为例，项目建设地点为江苏省连云港市和上海市浦东新区，连云港市拥有徐圩石化基地，是国家七大石化产业基地之一，上海浦东新区正在着力打造以动力装置为核心技术的高端装备制造业产业集群。依托高效低碳燃气轮机试验装置强大的基础研究、技术研发、试验验证能力，充分发挥重大科技基础设施的高端人才集聚效应、技术辐射效应和产业集聚带动潜力，服务高端制造基地和石化产业基地的高质量发展需求，建设燃气轮机部件和整机的技术孵化园和产业园，强链补链，形成技术研发验证、部件研制、整机集成、试验示范、产业应用的创新全链条，推动产业转型升级，形成创新生态的良性循环，为我国重型燃气轮机技术的自主发展提供重要支撑。

参考文献

1 白光祖, 曹晓阳. 关于强化国家战略科技力量体系化布局的思考. 中国科学院院刊, 2021, 36(5): 523-532.
Bai G Z, Cao X Y. Thoughts on systematic layout of strengthening national strategic scientific and technological power. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36

(5): 523-532. (in Chinese)

2 葛焱, 邹晖, 周国栋. 国家重大科技基础设施的内涵、特征及建设流程. 中国高校科技, 2018, (3): 11-14.
Ge Y, Zou H, Zhou G D. Connotation, characteristics and construction process of national major science and technology infrastructure. Chinese University Science & Technology, 2018, (3): 11-14. (in Chinese)

3 王贻芳, 白云翔. 发展国家重大科技基础设施引领国际科技创新. 管理世界, 2020, 36(5): 172-188.
Wang Y F, Bai Y X. Developing mega-science facility to lead the innovation globally. Management World, 2020, 36(5): 172-188. (in Chinese)

4 曾钢, 姜言彬, 樊潇潇, 等. 中国科学院重大科技基础设施发展概述. 中国科学院院刊, 2019, 34(Z2): 14-17.
Zeng G, Jiang Y B, Fan X X, et al. Overview of major science and technology infrastructure development in Chinese Academy of Sciences. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(Z2): 14-17. (in Chinese)

5 趋势观察: 国际重大科技基础设施布局特点及发展趋势. 中国科学院院刊, 2021, 36(4): 514-516.
Trends observation: Layout features and development trends of major international science and technology infrastructure. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(4): 514-516. (in Chinese)

6 陈娟, 罗小安, 樊潇潇, 等. 欧洲研究基础设施路线图的制定及启示. 中国科学院院刊, 2013, 28(3): 386-393.
Chen J, Luo X A, Fan X X, et al. Development and revelation of European roadmap for research infrastructure. 2013, 28(3): 386-393. (in Chinese)

7 常旭华, 仲东亭. 国家实验室及其重大科技基础设施的管理体系分析. 中国软科学, 2021, (6): 13-22.
Chang X H, Zhong D T. Study on management system of nation’s laboratory and its large research infrastructure. China Soft Science, 2021, (6): 13-22. (in Chinese)

8 陈娟, 周华杰, 樊潇潇, 等. 美国能源部大科学装置建设管理与启示. 前沿科学, 2016, 10(2): 63-70.
Chen J, Zhou H J, Fan X X, et al. The organization structure and management methods of large scientific facilities in the U.S Department of Energy. Frontier Science, 2016, 10(2): 63-70. (in Chinese)

9 陈晓怡, 李宏, 茹志涛. 法国重大科技基础设施体系概况和建设模式及其启示. 科技管理研究, 2022, 42(9): 22-30.
Chen X Y, Li H, Ru Z T. Overview and construction mode of major scientific and technological infrastructure in France and its enlightenment. Science and Technology Management Research, 2022, 42(9): 22-30. (in Chinese)

10 樊潇潇, 李泽霞, 宋伟, 等. 德国重大科技基础设施路线图制定与启示. 科技管理研究, 2019, 39(8): 15-19.
Fan X X, Li Z X, Song W, et al. Development and revelation of Germany Roadmap for large research infrastructure. Science and Technology Management Research, 2019, 39(8): 15-19. (in Chinese)

11 Bolliger I K, Griffiths A. Chapter 5: The introduction of ESFRI and the rise of national research infrastructure roadmaps in Europe// Cramer K C, Hallonsten O, eds. Big Science and Research Infrastructures in Europe. Lund: Edward Elgar Publishing, 2020: 101-127.

12 Onoda T, Ito Y. On the boundary of services and research collaborations in Japanese state-of-the-art academic research infrastructures. Science and Public Policy, 2022, 49(3): 488-498.

13 Giffoni F, Florio M. Public support of science: A contingent valuation study of citizens’ attitudes about CERN with and without information about implicit taxes. Research Policy, 2023, 52(1): 104627.

14 D’Lppolito B, Rüling C C. Research collaboration in large scale research infrastructures: Collaboration types and policy implications. Research Policy, 2019, 48(5): 1282-1296.

15 王贻芳. 中国重大科技基础设施的现状和未来发展. 科技导报, 2023, 41(4): 5-13.
Wang Y F. Current status and future prospects of the national major infrastructure for science and technology. Science & Technology Review, 2023, 41(4): 5-13. (in Chinese)

16 黄敏, 杨海珍. 加强大科学装置的管理. 中国科学院院刊, 2006, 21(3): 213-218.
Huang M, Yang H Z. Improvement of management of large scientific facilities in China. 2006, 21(3): 213-218. (in Chinese)

17 中国科学院综合计划局, 基础科学局. 我国大科学装置发展战略研究和政策建议. 中国科学基金, 2004, 18(3): 166-171.

Bureau of Comprehensive Planning, Bureau of Basic Science, Chinese Academy of Sciences. Strategy research and policy proposal of our large scale scientific facilities' development. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2004, 18(3): 166-171. (in Chinese)

18 王婷, 陈凯华, 卢涛, 等. 重大科技基础设施综合效益评估体系构建研究——兼论在FAST评估中的应用. 管理世界, 2020, 36(6): 213-236.

Wang T, Chen K H, Lu T, et al. The Research on the evaluation system of large scale infrastructures' comprehensive benefits with an application in the evaluation of FAST. Management World, 2020, 36(6): 213-236. (in Chinese)

19 侯建国. 加强科技基础能力建设(认真学习宣传贯彻党的二十大精神). 人民日报, 2022-12-22(07).

Hou J G. Strengthen basic capacity building of science and technology (serious study, publicity, and implementation of the spirit of the 20th National Congress of the Communist Party of China). People's Daily. 2022-12-22(07). (in Chinese)

20 詹文龙, 杨磊, 闫雪松, 等. 加速器驱动先进核能系统及其研究进展. 原子能科学技术, 2019, 53(10): 1809-1815.

Zhan W L, Yang L, Yan X S, et al. Accelerator-driven advanced nuclear energy system and its research progress. Atomic Energy Science and Technology, 2019, 53(10): 1809-1815. (in Chinese)

21 黄韬, 刘江, 汪硕, 等. 未来网络技术与发展趋势综述. 通信学报, 2021, 42(1): 130-150.

Huang T, Liu J, Wang S, et al. Survey of the future network technology and trend. Journal of Communications, 2021, 42(1): 130-150. (in Chinese)

22 林伟岸, 陈云敏, 杜尧舜, 等. 高校建设国家重大科技基础设施机制的探索与实践. 实验技术与管理, 2019, 36(4): 250-252.

Lin W A, Chen Y M, Du Y S, et al. Exploration and practice on mechanism of constructing national major science and technology infrastructure in colleges and universities. Experimental Technology and Management, 2019, 36(4): 250-252. (in Chinese)

23 习近平. 加快建设农业强国推进农业农村现代化. 求是, 2023, (6): 4-17.

Xi J P. Accelerate building an agricultural power and promote agricultural and rural modernization. Qiu Shi, 2023, (6): 4-17. (in Chinese)

24 庞昌伟. 中国能源革命的路径与前景. 人民论坛, 2022, (18): 84-87.

Pang C W. The path and prospect of China's energy revolution. People's Tribune, 2022, (18): 84-87. (in Chinese).

25 李俊峰, 王大洲. LAMOST工程的立项、建设与运行. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2016, 8(1): 107-122.

Li J F, Wang D Z. The approval, construction and operation of LAMOST project. Journal of Engineering Studies, 2016, 8(1): 107-122. (in Chinese)

26 张玲玲, 付赛际, 张秋柳, 等. 以大科学装置为依托的高科技园区管控模式分析及对策建议——以中子科学城为例. 科技进步与对策, 2019, 36(15): 14-23.

Zhang L L, Fu S J, Zhang Q L, et al. Analysis and suggestions on organizational management patterns of high-tech parks based on the large-scale scientific facilities—A case study of Neutron Science City. Science & Technology Progress and Policy, 2019, 36(15): 14-23. (in Chinese)

27 西桂权, 付宏, 刘光宇. 中国大科学装置发展现状及国外经验借鉴. 科技导报, 2020, 38(11): 6-15.

Xi G Q, Fu H, Liu G Y. Current development of large scale scientific facilities in China and foreign experiences. Science & Technology Review, 2020, 38(11): 6-15. (in Chinese)

Strengthen establishment of application-supported major science and technology infrastructure to enhance basic capacity of science and technology for high-quality development

HUANG Congli[1,2] ZHOU Feite[1] XU Xiang[2] ZHANG Lingling[1,3,4*]

（1 School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 Institute of Engineering Thermophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

3 Key Laboratory of Big Data Mining and Knowledge Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

4 MOE Social Science Laboratory of Digital Economic Forecasts and Policy Simulation, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China）

Abstract From "Two Bombs and One Satellite" to Five-hundred-meter Aperture Spherical Radio Telescope (FAST), from ground zero to the center stage of the world, China has unswervingly followed the path of independent innovation with distinctive characteristics. After the development of nearly half a century, breakthroughs have been made in several key areas. The position, implication, and classification of major scientific and technological infrastructures are constantly changing under the new situation. Based on an in-depth investigation of major scientific and technological infrastructure such as high-efficiency and low-carbon gas turbine research facility, it is believed that the construction of application-supported major scientific and technological infrastructure in China still faces challenges and problems, such as the relative lack of user groups and the under-implementation of scientific and technological achievements. In view of the major opportunities brought by the new round of scientific and technological revolution and industrial transformation in China with the urgent need to achieve sci-tech self-reliance, self-strengthening, and high-quality development, three countermeasures and suggestions are put forward to optimize the management system of project establishment, construction, and acceptance, strengthen the operation management and evaluation of application-supported major scientific and technological infrastructure, and increase the support for the transformation and industrialization of scientific and technological achievements. This study provides a reference and basis for future infrastructure planning, management mechanism improvement, and policy development.

Keywords application-supported major infrastructure, major scientific and technological infrastructure, high-quality development, high-efficiency and low-carbon gas turbine research facility

黄从利 中国科学院工程热物理研究所党委书记、副所长，高级经济师。高效低碳燃气轮机试验装置国家重大科技基础设施项目总指挥。长期从事科技管理工作。E-mail: huangcl@iet.cn

HUANG Congli Secretary of the Party Committee, Deputy Director of Institute of Engineering Thermophysics, Chinese Academy of Sciences (CAS). Senior Economist. Commander in Chief of Major National Science and Technology Infrastructure Project of High-Efficiency and Low-Carbon Gas Turbine Research Facility. He has long been engaged in long-term scientific and technological management work. E-mail: huangcl@iet.cn

*Corresponding author

张玲玲　中国科学院大学经济与管理学院党委书记、教授。中国人工智能学会可拓学专业委员会秘书长，《知识管理论坛》常务副主编。主要研究方向为智能知识管理、数据挖掘、大科学工程项目与知识管理。E-mail: zhangll@ucas.ac.cn

ZHANG Lingling　Professor, Secretary of the Party Committee of School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences (UCAS). Secretary General of Professional Committee of Extenics, Chinese Association for Artificial Intelligence (CAAI), Executive Deputy Editor-in-Chief of *Knowledge Management Forum*. Her research interests include intelligent knowledge management, data mining, large-scale scientific engineering projects, and knowledge management.
E-mail: zhangll@ucas.ac.cn

■责任编辑：文彦杰